

PCT

WELTOORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>G02B 26/08, 27/09</b>		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 99/46625</b>  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: <b>16. September 1999 (16.09.99)</b>						
(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/EP99/01546</b>  (22) Internationales Anmeldedatum: <b>10. März 1999 (10.03.99)</b>		(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).							
(30) Prioritätsdaten: <table><tr><td>198 10 245.3</td><td>10. März 1998 (10.03.98)</td><td>DE</td></tr><tr><td>198 18 531.6</td><td>24. April 1998 (24.04.98)</td><td>DE</td></tr></table> (71)(72) Anmelder und Erfinder: LISSOTSCHENKO, Vitaly [UA/DE]; Solbergweg 54, D-44225 Dortmund (DE). HENTZE, Joachim [DE/DE]; Im Welandsborn 15, D-33189 Schlangen (DE).		198 10 245.3	10. März 1998 (10.03.98)	DE	198 18 531.6	24. April 1998 (24.04.98)	DE	Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>	
198 10 245.3	10. März 1998 (10.03.98)	DE							
198 18 531.6	24. April 1998 (24.04.98)	DE							
(74) Anwälte: FRITZ, Edmund, L. usw.; Mühlenberg 74, D-59759 Arnsberg (DE).									
(54) Title: DEVICE FOR DEVIATING ELECTROMAGNETIC RAYS OR RADIATION BEAMS IN THE OPTICAL SPECTRAL DOMAIN									
(54) Bezeichnung: ABLENKVORRICHTUNG FÜR ELEKTROMAGNETISCHE STRAHLEN ODER STRAHLBÜNDEL IM OPTISCHEN SPEKTRALBEREICH									
(57) Abstract									
<p>The invention concerns a device for deviating electromagnetic rays or radiation beams in the optical spectral domain, in particular for laser beams, comprising at least a deviating element (1, 18, 21, 30) provided with at least one interface (2, 20, 22) with optical function which can, by refraction or reflection, deviate a ray (8a - i; 9; 14a - c; 15a, b; 16a, b; 24; 26; 29a - c). Said interface (2, 20, 22) with optical function has a curve such that, in one first direction (x) substantially along said interface (2, 20, 22), the local inclination thereof (2, 20, 22) permanently varies, at least by sections, relative to a direction (y) substantially along said interface (2, 20, 22) and practically perpendicular to the first direction (x). Advantageously, said interface (2) with optical function is twisted, preferably shaped like a propeller.</p>									

**(57) Zusammenfassung**

Ablenkvorrichtung für elektromagnetische Strahlen oder Strahlbündel im optischen Spektralbereich, insbesondere für Laserstrahlen, umfassend mindestens ein Ablenkelement (1, 18, 21, 30) mit mindestens einer optisch funktionalen Grenzfläche (2, 20, 22), die durch Brechung oder Reflexion die Ablenkung eines auf sie auftreffenden Strahls (8a, -i; 9; 14a-c; 15a, b; 16a, b; 24; 26; 29a-c) bewirken kann, wobei die optisch funktionale Grenzfläche (2, 20, 22) derart gekrümmt ist, daß sich längs einer im wesentlichen in der Grenzfläche (2, 20, 22) liegenden ersten Richtung (x) die lokale Neigung der Grenzfläche (2, 20, 22) bezüglich einer im wesentlichen in der Grenzfläche (2, 20, 22) liegenden, zur ersten Richtung (x) etwa senkrechten Richtung (y) zumindest abschnittsweise stetig ändert. Vorteilhafterweise ist die optisch funktionale Grenzfläche (2) eine tordierte, vorzugsweise propellerähnlich geformte Fläche.

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NR	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LJ	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		

Ablenkvorrichtung für elektromagnetische Strahlen oder Strahlbündel im optischen Spektralbereich

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Ablenkvorrichtung für elektromagnetische Strahlen oder Strahlbündel im optischen Spektralbereich, insbesondere für Laserstrahlen, umfassend mindestens ein Ablenkelement mit mindestens einer optisch funktionalen Grenzfläche, die durch Brechung oder Reflexion die Ablenkung eines auf sie auftreffenden Strahls oder Strahlenbündels bewirken kann.

Als Ablenkvorrichtung der vorgenannten Art können 10 beispielsweise vielflächige rotierbare Spiegel Verwendung finden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, Matrizen aus Zylinderlinsen zur Strahlablenkung zu benutzen. Um mit derartigen Matrizen einen Strahl in zwei zueinander senkrechte Richtungen abzulenken, sind jedoch zwei Matrizen 15 aus Zylinderlinsen pro Ablenkrichtung erforderlich, so daß für eine Ablenkung in zwei voneinander unabhängige Richtungen insgesamt vier Matrizen aus Zylinderlinsen benötigt werden. Beide vorbeschriebenen Ablenkvorrichtungen gemäß dem Stand 20 der Technik sind kompliziert aufgebaut und nur mit relativ großem Aufwand herstellbar.

Das der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Problem ist die Schaffung einer Ablenkvorrichtung der eingangs genannten Art, die unkomplizierter und kostengünstiger aufgebaut ist.

25 Dies wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 1 und 27 erreicht. Erfindungsgemäß ist die optisch funktionale Grenzfläche derart gekrümmt, daß sich längs einer im wesentlichen in der optisch funktionalen 30 Grenzfläche liegenden ersten Richtung die lokale Neigung der optisch funktionalen Grenzfläche bezüglich einer im wesentlichen in der optisch funktionalen Grenzfläche liegenden, zur ersten Richtung etwa senkrechten Richtung zumindest abschnittsweise stetig ändert. Durch die stetige 35 Änderung der Neigung der optisch funktionalen Grenzfläche in einer Richtung bezüglich der dazu senkrechten Richtung läßt sich mit einer derartig erfindungsgemäßen optisch funktionalen Grenzfläche ohne großen Aufwand eine

-2-

Ablenkvorrichtung realisieren. Je nach Auftreffpunkt eines Strahls auf der optisch funktionalen Grenzfläche längs einer vorgegebenen Richtung wird der Strahl unter einem kleineren oder größeren Winkel in die dazu senkrechte Richtung abgelenkt.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat das mindestens eine Ablenkelement eine etwa quaderförmige Gestalt, wobei zwei einander gegenüberliegende Flächen als optisch funktionale Grenzflächen ausgebildet sind. Diese optisch funktionalen Grenzflächen sind tordierte Flächen, die vorzugsweise als unter einem Winkel von  $45^\circ$  aus einer konkav-konvexen Zylinderlinse mit orthogonaler Ausrichtung der Zylinderachsen herausschneidbare Flächen ausgestaltet sind. Auch bei derartigen Flächen ändert sich längs einer ersten Richtung die lokale Neigung bezüglich einer im wesentlichen senkrecht dazu ausgerichteten Richtung zumindest abschnittsweise stetig. Aufgrund der Tatsache, daß es sich um tordierte Zylinderflächen handelt, ist es sinnvoll, zwei einander gegenüberliegende senkrecht zueinander tordierte Flächen zu verwenden, da dadurch Abbildungsfehler ausgeglichen werden.

Vorteilhafterweise ist das Ablenkelement dazu mit Positioniermitteln versehen, die entweder als Verschiebemittel oder aber als Rotiermittel ausgeführt sind. Als Verschiebemittel kommen beispielsweise Piezoelemente in Frage, die das Ablenkelement in eine oder zwei zueinander senkrechte Richtungen verschieben können. Weiterhin können Rotiermittel Verwendung finden, die das Ablenkelement um eine im wesentlichen senkrecht auf der optisch funktionalen Grenzfläche stehende Achse zumindest teilweise drehen können. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Verschiebe- und Rotiermittel miteinander zu kombinieren, so daß die Richtungen, in die der einfallende Strahl ablenkbar ist, frei wählbar sind.

-3-

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die optisch funktionale Grenzfläche eine torodierte, vorzugsweise propellerähnliche Fläche. Hierbei kann das Ablenkelement eine etwa quaderförmige Gestalt haben,

5 wobei die der optisch funktionalen Grenzfläche gegenüberliegende Fläche plan ist. Bei der vorzugsweise propellerähnlichen Fläche ist eine infinitesimal kleine Fläche um einen mittig in der optisch funktionalen Grenzfläche angeordneten Punkt parallel zu der

10 gegenüberliegenden, planen Fläche des Ablenkelements ausgerichtet. Vorteilhaftweise verlaufen in der optisch funktionalen Grenzfläche durch den etwa mittig angeordneten Punkt zwei zueinander etwa senkrecht ausgerichtete Linien, längs derer sich jeweils die lokale Neigung der optisch funktionalen Grenzfläche in Richtung der jeweiligen Linie nicht ändert, wohingegen sich längs jeder der Linien die lokale Neigung der optisch funktionalen Grenzfläche in einer zu der jeweiligen Linie senkrechten Richtung stetig ändert.

15 Auf diese Weise wird gewährleistet, daß durch Verschiebung des Ablenkelements in eine vorgegebene Richtung der abzulenkende Strahl nur unter mehr oder weniger großem Winkel in eine zu dieser Richtung senkrechte Richtung abgelenkt wird, nicht jedoch in die Richtung, in der das Ablenkelement verschoben wird. Somit können zwei Verschiebemittel, die das

20 Ablenkelement in zwei zueinander senkrechten Richtungen verschieben können, die Ablenkung des Strahls in zwei voneinander unabhängige Richtungen gewährleisten. Weiterhin kann durch Rotation eines derartigen erfindungsgemäßen Ablenkelements ein insbesondere beim Laserstrahlschweißen

25 vorteilhaft einsetzbarer rotierender Fokuspunkt eines abgelenkten Laserstrahls erzeugt werden.

30

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann die Ablenkvorrichtung eine Anzahl von Ablenkelementen umfassen, die zu einem Array zusammengefaßt sind, wobei die einzelnen Ablenkelemente in jeweils gleicher Orientierung, parallel zueinander, nebeneinander liegend angeordnet sind. Eine derartige Anordnung erlaubt die

- 4 -

gleichzeitige Ablenkung mehrerer zueinander parallel verlaufender Strahlen oder Strahlenbündel.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfaßt die Ablenkvorrichtung mindestens eine Ablenkeinheit, wobei die oder jede der Ablenkeinheiten zwei Ablenkelemente umfaßt. Dabei entsprechen sich die optisch funktionalen Grenzflächen der Ablenkelemente der oder jeder der Ablenkeinheiten derart, daß sie zumindest abschnittsweise flächig aneinanderlegbar sind. Hierzu können beispielsweise die gesamten Ablenkelemente identisch geformt sein. Vorteilhaftweise sind in der oder jeder der Ablenkeinheiten die Ablenkelemente so angeordnet, daß deren optisch funktionale Flächen sich in Richtung des abzulenkenden Strahls oder Strahlenbündels im wesentlichen gegenüberliegen, wobei die beiden Ablenkelemente gegeneinander in einer oder zwei zueinander senkrechte Richtungen verschiebbar sind, die im wesentlichen parallel zu den optisch funktionalen Flächen ausgerichtet sind. Eine derartige Anordnung bietet den Vorteil, daß auch ausgedehnte Strahlbündel bei nicht gegeneinander verschobenen, einander direkt gegenüberliegenden Ablenkelementen die aus den beiden Ablenkelementen gebildete Ablenkeinheit unabgelenkt, allenfalls parallel verschoben, durchlaufen. Auch Strahlbündel mit sehr großem Strahlquerschnitt erfahren beim Durchlauf durch eine derartige Ablenkeinheit keine Vergrößerung ihrer Strahldivergenz. Erst durch Verschieben der Ablenkelemente gegeneinander wird eine Ablenkung beispielsweise in einer zu der Verschieberichtung senkrechten Richtung bewirkt, wobei ebenfalls die Strahldivergenz nicht erhöht wird.

Die Ablenkelemente können beispielsweise die im vorgenannten beschriebenen propellerähnlichen Flächen aufweisen. Es besteht aber auch die Möglichkeit, daß die Ablenkelemente einander zugewandte, optisch funktionale Grenzflächen aufweisen, die parabolisch konvex bzw. parabolisch konkav geformt sind.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, in den vorgenannten Ablenkeinheiten anstelle der Ablenkelemente Arrays von Ablenkelementen zu verwenden, wodurch die Möglichkeit  
5 geschaffen wird, Strahlen oder Strahlbündel mit noch größerem Querschnitt abzulenken.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, daß die Ablenkvorrichtung zwei Ablenkeinheiten mit jeweils zwei Ablenkelementen umfaßt.  
10 Diese Ablenkeinheiten können dann im Strahlengang des abzulenkenden Strahls oder Strahlbündels hintereinander angeordnet werden, wobei in der ersten Ablenkeinheit eine Ablenkung in einer ersten Richtung und in der zweiten Ablenkeinheit eine Ablenkung in einer zweiten, zu der ersten  
15 Richtung senkrechten Richtung, bewirkt wird. Auf diese Weise können die Ablenkungen des Strahls in zwei voneinander unabhängige Richtungen auch räumlich voneinander getrennt werden.

20 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind die Ablenkelemente aus für die verwendete Wellenlänge des abzulenkenden elektromagnetischen Strahls oder Strahlbündels zumindest teilweise transparentem Material, wie beispielsweise Quarz oder Glas, gefertigt.  
25 Alternativ dazu kann die optisch funktionale Grenzfläche mit einer für die verwendete Wellenlänge des abzulenkenden elektromagnetischen Strahls oder Strahlbündels zumindest teilweise reflektierenden Verspiegelung versehen, vorzugsweise mit entsprechendem Material, wie beispielsweise  
30 Gold, bedampft und somit in Reflexion zur Strahlablenkung genutzt werden.

Eine weitere erfindungsgemäße Lösung sieht vor, daß die Ablenkvorrichtung eine Ablenkeinheit umfaßt, die aus zwei Ablenkelementen besteht wobei das erste der Ablenkelemente als bikonvexe Zylinderlinse und das zweite der Ablenkelemente als plankonvexe Zylinderlinse ausgeführt ist, wobei die plane optisch funktionale Grenzfläche der zweiten Zylinderlinse

- 6 -

einer der konvexen optisch funktionalen Grenzflächen der ersten Zylinderlinse im wesentlichen gegenüberliegt und wobei die Zylinderachsen der Zylinderlinsen leicht gegeneinander verkippt sind. Durch Verschieben der aus den beiden  
5 Zylinderlinsen bestehenden Ablenkeinheiten beispielsweise in einer Richtung senkrecht zum einfallenden Strahl, kann der Strahl bzw. das Strahlenbündel nach oben oder nach unten abgelenkt werden. Aufgrund der Tatsache, daß drei  
10 Zylinderflächen als optisch funktionale Grenzflächen verwendet werden, werden etwaige Abbildungsfehler korrigiert.

-7-

Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden deutlich anhand der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beiliegenden Abbildungen. Darin zeigen

5

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäßen Ablenkelements;

10 Fig. 2 eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäßen Arrays aus Ablenkelementen gemäß Fig. 1;

15 Fig. 3a eine Hintenansicht eines erfindungsgemäßen Ablenkelements gemäß Fig. 1 mit darauf auftreffenden Lichtstrahlen;

15

Fig. 3b eine Ansicht gemäß dem Pfeil IIIb in Fig. 3a;

Fig. 3c eine Ansicht gemäß dem Pfeil IIIc in Fig. 3a;

20

Fig. 4a eine Hintenansicht eines erfindungsgemäßen Ablenkelements, das rotierbar gestaltet ist;

Fig. 4b eine Ansicht gemäß dem Pfeil IVb in Fig. 4a;

25

Fig. 4c eine Ansicht gemäß dem Pfeil IVc in Fig. 4b;

Fig. 5a eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Ablenkeinheit, die aus zwei erfindungsgemäßen Ablenkelementen besteht;

30

Fig. 5b eine schematische Verdeutlichung des Strahlengangs dreier ausgewählter Lichtstrahlen durch die Ablenkeinheit gemäß Fig. 5a;

35

Fig. 6a eine Draufsicht auf die Ablenkeinheit gemäß Fig. 5a mit gegeneinander verschobenen Ablenkelementen;

-8-

- Fig. 6b eine schematische Verdeutlichung des Strahlengangs zweier ausgewählter Lichtstrahlen durch die Anordnung gemäß Fig. 6a;
- 5 Fig. 7a eine Draufsicht auf die Ablenkeinheit gemäß Fig. 5a mit gegeneinander verschobenen Ablenkelementen;
- 10 Fig. 7b eine schematische Verdeutlichung des Strahlengangs ausgewählter Lichtstrahlen durch die Anordnung gemäß Fig. 7a;
- Fig. 8a eine Draufsicht auf eine andere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Ablenkeinheit;
- 15 Fig. 8b eine Ansicht gemäß dem Pfeil VIIlb in Fig. 8a;
- Fig. 9a eine teilweise geschnittene Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Ablenkeinheit, die vier Ablenkelemente aufweist;
- 20 Fig. 9b eine teilweise geschnittene Ansicht gemäß dem Pfeil IXb in Fig. 9a;
- Fig. 9c eine Ansicht gemäß dem Pfeil IXc in Fig. 9b,
- 25 Fig. 10 eine Draufsicht auf eine Ablenkeinheit, die aus zwei Arrays von Ablenkelementen besteht;
- 30 Fig. 11 eine perspektivische Ansicht einer konkav-konvexen Zylinderlinse mit orthogonaler Ausrichtung der Zylinderachsen, aus der eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Ablenkelements herausgeschnitten werden kann;
- 35 Fig. 12 eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Ablenkelements, das aus der in Fig. 11 abgebildeten Zylinderlinse herausschneidbar ist;

Fig. 13 eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Ablenkeinheit;

5

Fig. 14 eine Ansicht gemäß dem Pfeil XIV in Fig. 13.

Aus Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßes Ablenkelement 1 ersichtlich, das eine im wesentlichen quaderförmige Gestalt 10 mit einer in Fig. 1 oberen in sich tordierten Fläche 2 aufweist, die als optisch funktionale Grenzfläche Verwendung finden kann. Zur besseren Verdeutlichung ist jeder der Abbildungen ein zwei- oder dreidimensionales Koordinatensystem x, y, z beigelegt. Die tordierte Fläche 2 weist etwa in ihrer Mitte einen Punkt 3 auf, der sich dadurch 15 auszeichnet, daß eine infinitesimal kleine Fläche um ihn herum parallel zu der der Fläche 2 gegenüberliegenden Fläche 4 ausgerichtet ist. Ein in z-Richtung in einem dem Punkt 3 gegenüberliegenden Punkt auf die Fläche 4 auftreffender 20 Lichtstrahl, insbesondere Laserstrahl, wird aus dem Ablenkelement 1 durch den Punkt 3 unabgelenkt hindurchtreten.

Innerhalb der Fläche 2 erstreckt sich durch den Punkt 3 in x-Richtung eine Linie 5 konstanter z-Werte. Infinitesimal 25 kleine Flächen um diese Linie 5 herum weisen zwar längs der Linie 5 unterschiedliche Neigungen in y-Richtung jedoch keinerlei Neigung in x-Richtung auf. Weiterhin erstreckt sich innerhalb der Fläche 2 in y-Richtung durch den Punkt 3 eine zur Linie 5 senkrechte Linie 6 konstanter z-Werte. 30 Infinitesimal kleine Flächen um die Linie 6 herum weisen zwar eine sich längs der Linie 6 stetig ändernde Neigung in x-Richtung, jedoch keinerlei Neigung in der y-Richtung auf. Jede andere infinitesimal kleine Fläche außerhalb der Linien 35 5, 6 der tordierten Fläche 2 ist sowohl in x-Richtung als auch in y-Richtung geneigt.

Eine tordierte Fläche 2 wie in Fig. 1 abgebildet, kann man sich beispielsweise dadurch entstanden denken, daß die obere

-10-

- Fläche eines Quaders an ihrer in Fig. 1 vorderen, sich in y-Richtung erstreckenden Kante im Gegenuhrzeigersinn und an ihrer in Fig. 1 hinteren, sich in y-Richtung erstreckenden Kante im Uhrzeigersinn verdreht wird. Punkte längs der Linie 5, die sich parallel zur vorderen und hinteren oberen Kante in y-Richtung etwa in deren Mitte erstreckt, werden nicht mit verdreht. Die tordierte Fläche 2 hat somit eine gewisse Ähnlichkeit mit der Oberfläche eines Propellers. Während die in Fig. 1 vordere Kante mit zunehmenden y-Werten zunehmende 10 z-Werte aufweist, weist die in Fig. 1 hintere Kante mit zunehmenden y-Werten abfallende z-Werte auf. Die in Fig. 1 rechte Kante der tordierten Fläche 2 weist mit zunehmenden x-Werten zunehmende z-Werte auf, wohingegen die in Fig. 1 linke Kante mit zunehmenden x-Werten abnehmende z-Werte aufweist.
- 15 Die zwischen der tordierten Fläche 2 und der dieser gegenüberliegenden, planen Fläche 4 des Ablenkelements 1 angeordneten vier Seitenflächen sind jeweils ungleichschenklig trapezförmig ausgebildet, wobei jeweils die 20 zwischen den Flächen 2, 4 verlaufenden Seitenkanten parallel ausgerichtet sind, in z-Richtung verlaufen und somit die parallel zueinander verlaufenden Seiten dieser Trapeze bilden. Von den nicht zueinander parallelen Seiten jedes der Trapeze stehen die jeweils die Fläche 4 umrandenden Kanten 25 jeweils senkrecht auf den Seitenkanten.
- Das abgebildete Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Ablenkelements 1 ist langgestreckt ausgeführt, wobei seine Abmessungen in x-Richtung größer sind als die in y-Richtung. 30 Ebenso besteht die Möglichkeit, die Abmessungen in x-Richtung und y-Richtung gleich groß zu wählen.
- Aus Fig. 2 ist ein erfindungsgemäßes Array 7 von Ablenkelementen 1 ersichtlich, das im Prinzip aus einer 35 Vielzahl von parallel zueinander und nebeneinander liegenden Ablenkelementen 1 gebildet ist.

-11-

In Fig. 3 wird der Strahlengang von ausgewählten Lichtstrahlen 8a bis 8i, insbesondere Laserstrahlen beschrieben. Die Lichtstrahlen 8a bis 8i fallen in z-Richtung auf die der tordierten Fläche 2 gegenüberliegende plane Fläche 4 des Ablenkelements 1. Aus Fig. 3a sind die Auftreffpunkte der Lichtstrahlen 8a bis 8i ersichtlich. Aus den Ansichten von oben bzw. von der Seite in Fig. 3b und Fig. 3c ist ersichtlich, wie die einzelnen Lichtstrahlen 8a bis 8i durch den Austritt aus der tordierten Fläche 2 nach oben bzw. 5 nach unten sowie nach links bzw. nach rechts abgelenkt werden. Wie bereits im vorgenannten zu Fig. 1 erläutert, werden die längs der Linie 5 einfallenden Lichtstrahlen 8d, e, f beim Austritt aus der tordierten Fläche 2 nicht in x-Richtung, also nicht nach links oder nach rechts in Fig. 3b 10 abgelenkt. Ebenso werden die längs der Linie 6 einfallenden Lichtstrahlen 8b, e, h beim Austritt aus der tordierten Fläche 2 nicht in y-Richtung, also nicht nach oben oder nach unten in Fig. 3c abgelenkt. Es zeigt sich jedoch, daß außerhalb der Linien 5, 6 einfallende Lichtstrahlen 8a, c, g, 15 i beim Austritt aus der tordierten Fläche 2 sowohl in x- als 20 auch in y-Richtung abgelenkt werden.

Eine erfindungsgemäße Ablenkvorrichtung kann beispielsweise dadurch erstellt werden, daß ein im vorgenannten 25 beschriebenes Ablenkelement 1 beispielsweise mit einem Antrieb versehen wird, der ein Verfahren in x- und in y-Richtung ermöglicht. Dies kann beispielsweise durch eine handelsübliche Piezoverstellvorrichtung erzielt werden. Ein beispielsweise bei nicht in x- und/oder y-Richtung 30 verschobenem Ablenkelement in dem Punkt 3 gegenüberliegenden Punkt einfallender Lichtstrahl 8e kann dadurch in x-Richtung abgelenkt werden, daß das erfindungsgemäße Ablenkelement 1 nach oben oder nach unten in y-Richtung verfahren wird und der Lichtstrahl somit beispielsweise an Stellen auf die 35 Fläche 4 auftrifft, die den in Fig. 3a dargestellten Auftreffpunkten der Lichtstrahlen 8b und 8h entsprechen.

-12-

Eine Ablenkung eines auftreffenden Lichtstrahls in y-Richtung kann dadurch erzielt werden, daß das Ablenkelement 1 in x-Richtung verfahren wird, so daß ein ursprünglich etwa mittig auftreffender Lichtstrahl beispielsweise an Punkten, an denen die Lichtstrahlen 8d und 8f in Fig. 3a auftreffen, auftrifft.

Eine derartige Ablenkvorrichtung eignet sich insbesondere für Lichtstrahlen mit einem relativ kleinen Querschnitt, weil Strahlen mit einem vergleichsweise großen Strahlquerschnitt durch sich deutlich voneinander unterscheidende Bereiche der toradierten Fläche 2 hindurch treten würden, wodurch ein derartiger Strahl nach Durchtritt durch die Fläche 2 stark divergent wäre.

In Fig. 4 ist verdeutlicht, wie ein beispielsweise etwas oberhalb des dem Punkt 3 gegenüberliegenden Punkts auf die Fläche 4 eines Ablenkelements 1 auftreffender Lichtstrahl 9a abgelenkt wird, wenn das gesamte Ablenkelement wie durch den Kreispfeil 10 angedeutet, um eine Achse 11 rotiert, die sich in x-Richtung erstreckt und durch den Punkt 3 hindurchgeht. Der abgelenkte Strahl 9b soll dabei beispielsweise auf eine schematisch in Fig. 4b und Fig. 4c angedeutete Wand 12 auftreffen. Wie aus Fig. 4c ersichtlich ist, beschreibt der auf die Wand auftreffende Strahl 9b einen Kreis entsprechend der Rotation des Ablenkelements 1, wobei der Mittelpunkt dieses Kreises durch den schematisch angedeuteten unabgelenkten einfallenden Strahl 9a gebildet wird.

Es besteht weiterhin die Möglichkeit, die zu Fig. 3 und Fig. 4 geschilderten Ablenkvorrichtungen miteinander zu kombinieren, so daß beispielsweise nach Drehung des Ablenkelements 1 um einen bestimmten Winkel ein Verfahren des Ablenkelements 1 durch beispielsweise Piezoelemente in zueinander senkrechte Richtungen eine Ablenkung eines einfallenden Lichtstrahls in Richtungen x', y' bewirkt, die gegenüber den ursprünglichen Koordinaten x, y um den durch Rotation des Ablenkelements 1 erzielten Winkel verdreht sind. Eine Kombination der Drehbewegung des Ablenkelements 1 und

-13-

der linearen Verschiebung in zwei zueinander senkrechten Richtungen ermöglicht somit eine beliebige vielseitige Ablenkung auf das Ablenkelement 1 einfallender Lichtstrahlen.

5 Aus den Fig. 5 bis Fig. 7 ist eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Ablenkvorrichtung ersichtlich, die auch das Ablenken von Strahlen mit größerem Querschnitt ermöglicht. Die darin abgebildete Ablenkvorrichtung umfaßt eine Ablenkeinheit 13, die aus zwei Ablenkelementen 1 besteht. Die  
10 beiden Ablenkelemente 1 sind so angeordnet, daß ihre tordierten Flächen 2 einander zugewandt sind, wobei ihre jeweiligen den tordierten Flächen 2 gegenüberliegenden Flächen 4 parallel zueinander ausgerichtet sind. In der in Fig. 5a abgebildeten Ausgangsstellung der Ablenkeinheit 13 sind die beiden Ablenkelemente 1 so zueinander ausgerichtet,  
15 daß sie lediglich in z-Richtung voneinander beabstandet sind. Die beiden Ablenkelemente 1 kann man sich der Einfachheit halber dadurch hergestellt denken, daß ein Quader längs der den beiden Ablenkelementen 1 gemeinsamen tordierten Fläche 2  
20 in zwei Teile gespalten wurde. Daran anschließend wurden die beiden Teile längs der z-Richtung ein Stück weit voneinander entfernt.

In Fig. 5a sind auf eine der beiden planen Flächen 4  
25 auftreffende Lichtstrahlen 14a, b, c eingezeichnet, die die Ablenkeinheit 13 unabgelenkt durchlaufen. Aus Fig. 5b, die schematisch den Durchtritt der einzelnen Strahlen 14a, b, c durch die Ablenkeinheit 13 zeigt, ist ersichtlich, daß die Strahlen 14a, c in y-Richtung zwar etwas parallel versetzt zum einfallenden Strahl 14a, c aus dem in Fig. 5b rechten  
30 Ablenkelement 1 austreten, sich jedoch weiterhin exakt in z-Richtung bewegen.

Aus Fig. 6 und Fig. 7 ist jeweils ersichtlich, daß eine  
35 Verschiebung der Ablenkelemente 1 gegeneinander in x-Richtung eine Ablenkung der einfallenden Strahlen 15a, b bzw. 16a, b in positiver bzw. negativer y-Richtung bewirkt. Die parallel auf die Ablenkeinheit 13 auftreffenden Strahlen 15a, b bzw.

-14-

16a, b verlaufen auch nach der Ablenkung parallel zueinander. Wie auch in den Ausführungsformen zu den Fig. 3 und Fig. 4 können auch hier die einzelnen Ablenkelemente 1 linear gegeneinander durch Piezoelemente oder dergleichen verfahren 5 werden. Es besteht weiterhin die Möglichkeit, die in Fig. 5 bis Fig. 7 abgebildeten Ablenkelemente 1 sowohl in x-Richtung als auch in y-Richtung gegeneinander verfahrbar zu gestalten.

Aus Fig. 8 ist eine weitere Ausführungsform einer 10 erfindungsgemäßen Ablenkeinheit 17 ersichtlich. Die Ablenkeinheit 17 umfaßt ein erstes Ablenkelement 18, das eine plane in Fig. 8a links angeordnete Eintrittsfläche 19 in der x-y-Ebene und eine dieser in z-Richtung gegenüberliegende konvexe, parabolisch geformte Fläche 20 umfaßt. Die 15 Ablenkeinheit 17 umfaßt weiterhin ein zweites Ablenkelement 21, dessen dem ersten Ablenkelement 18 zugewandte Fläche 22 konkav, parabolisch geformt ist. Die dieser Fläche 22 gegenüberliegende Fläche 23 in z-Richtung befindet sich wiederum in der x-y-Ebene und ist plan gefertigt. Wie bei dem 20 Ausführungsbeispiel zu den Fig. 5 bis Fig. 7 entsprechen sich auch in dem Ausführungsbeispiel in Fig. 8 die beiden einander zugewandten parabolischen Flächen 20, 22 so, als ob ein kubischer Körper längs dieser Flächen 20, 22 gespalten worden wäre, wobei nach dem Spalten die beiden Teile in z-Richtung 25 voneinander beabstandet wurden.

Ein etwa mittig auf die plane Eintrittsfläche 19 des ersten Ablenkelements 18 auftreffender Strahl 24 wird, wie dies aus Fig. 8a ersichtlich ist, die Ablenkeinheit 17 unabgelenkt 30 passieren. Wenn wie in Fig. 8b abgebildet, das zweite Ablenkelement 21 gegenüber dem ersten Ablenkelement 18 beispielsweise in x-Richtung verschoben ist, wird der Strahl 24 ebenfalls in x-Richtung abgelenkt. Eine derartige Ablenkeinheit 17 eignet sich zwar für relativ große 35 Strahlquerschnitte, nicht jedoch für große Ablenkungen, weil zum einen aufgrund der relativ nah aneinanderliegenden parabolischen Flächen 20, 22 eine Verschiebung der Ablenkelemente 18, 21 gegeneinander nur über sehr kurze

-15-

Distanzen möglich ist. Weiterhin würde bei stark gegeneinander verschobenen Ablenkelementen 18, 21 aufgrund der parabolischen Oberflächen 20, 22 ein linear mit der Verschiebung der Ablenkelemente 18, 21 anwachsender Ablenkinkel des Strahls 24 nicht erzielbar sein.

Aus Fig. 9 ist eine weitere erfindungsgemäße Ablenkvorrichtung ersichtlich, die zwei Ablenkeinheiten 13, 25 aus jeweils zwei langgestreckten Ablenkelementen 1 umfaßt.

Die Ablenkeinheiten 13, 25 sind senkrecht zueinander ausgerichtet, so daß durch Verschieben der Ablenkelemente 1 der ersten Ablenkeinheit 13 in ihren Längsrichtungen gegeneinander ein einfallender Strahl 26 in y-Richtung und durch Verschieben der Ablenkelemente 1 der zweiten Ablenkeinheit 25 in ihren Längsrichtungen gegeneinander ein einfallender Strahl 26 in x-Richtung abgelenkt werden kann.

Aus Fig. 9c ist ersichtlich, wie ein zur Verdeutlichung auf eine Wand 27 auftreffender Lichtstrahl 26 von seiner ursprünglichen Richtung, die schematisch durch den Punkt 3 des in z-Richtung ersten Ablenkelements 1 verdeutlicht ist, sowohl in x-, als auch in y-Richtung abgelenkt ist.

Aus Fig. 10 ist eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Ablenkvorrichtung ersichtlich, die eine Ablenkeinheit 28 aufweist, die aus zwei Arrays 7 von Ablenkelementen 1 besteht. Die beiden Arrays 7 sind in x-Richtung gegeneinander verschoben, so daß auf das erste Array 7 auftreffende parallele Strahlen 29a, b, c durch die Ablenkeinheit 28 in y-Richtung parallel zueinander abgelenkt werden. Durch Verwendung derartiger gegeneinander in x- oder y-Richtung verschiebbarer Arrays 7 können auch Strahlen mit sehr großem Querschnitt problemlos beliebig abgelenkt werden.

Aus Fig. 12 ist ein weiteres erfindungsgemäßes Ablenkelement 30 ersichtlich. Das erfindungsgemäße Ablenkelement 30 kann beispielsweise aus einer konkav-konvexen Zylinderlinse 31 mit orthogonaler Ausrichtung der Zylinderachsen herausgeschnitten werden. Dies ist in Fig. 11 verdeutlicht, wo gezeigt ist, daß

-16-

das Ablenkelement 30 obere Längskanten aufweist, die in einem Winkel von 45° zu den Zylinderachsen der Zylinderlinse 31 ausgerichtet sind. Aufgrund der Geometrie des Ablenkelements 30 verhält sich dieses optisch sehr ähnlich wie das  
5 Ablenkelement 1, das eine tordierte, optisch funktionale Fläche 2 aufweist. Bei dem Ablenkelement 30 wird der Ablenkeffekt dadurch verstärkt, daß die in Fig. 12 in z-Richtung gegenüberliegenden Flächen beide als optisch funktionale Grenzflächen Verwendung finden können. Es besteht  
10 auch die Möglichkeit, die Ablenkelemente 30 zu Arrays von Ablenkelementen 30 zusammenzufassen.

Aus Fig. 13 und Fig. 14 ist eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Ablenkeinheit 40 ersichtlich. Die  
15 Ablenkeinheit besteht aus zwei Zylinderlinsen 32, 33, von denen eine als bikonvexe Zylinderlinse 32 mit optisch funktionalen Grenzflächen 36, 37 und die andere als plankonvexe Zylinderlinse 33 mit optisch funktionalen Grenzflächen 38, 39 ausgebildet ist. Wie aus Fig. 13 und Fig.  
20 14 ersichtlich ist, sind die beiden Zylinderlinsen 32, 33 so angeordnet, daß eine der optisch funktionalen Grenzflächen 37 der ersten Zylinderlinse 32 im wesentlichen längs der planen optisch funktionalen Grenzfläche 38 der zweiten Zylinderlinse 33 verläuft. Die erfindungsgemäße Ablenkfunktion wird dadurch  
25 erzielt, daß die Zylinderlinse 33 etwas aus der x-z-Ebene heraus gekippt ist, so daß die in Fig. 13 die aneinanderliegenden optisch aktiven Grenzflächen 37, 38 begrenzenden oberen Kanten der Zylinderlinsen 32, 33 beispielsweise einen Winkel von etwa 5° bis 10° gegeneinander  
30 aufweisen.

In Fig. 13 und in Fig. 14 sind Parallelstrahlenbündel 34a, b, c abgebildet, die von rechts, das heißt in relativer z-Richtung auf die in den Fig. 13 und Fig. 14 rechte optisch funktionale Grenzfläche 39 der Zylinderlinse 33 einfallen. Es ist ersichtlich, daß durch die Zylinderfläche 39 die abgebildeten Strahlenbündel 34a, b, c auf die gegenüberliegenden plane Grenzfläche 38 fokussiert werden.  
35

-17-

Die aus der Grenzfläche 38 austretenden Strahlenbündel treten in die Zylinderfläche 37 derart ein, daß die drei Fokuspunkte der Strahlenbündel 34a, b, c auf einer Linie liegen, die gegenüber der Zylinderachse der Zylinderfläche 37 um einen Winkel verkippt ist, der dem Winkel zwischen den beiden Zylinderlinsen 32, 33 entspricht. Da die Brennweite der Zylinderfläche 36 dem Abstand zwischen der Zylinderfläche 36 und der Zylinderfläche 37 entspricht, verlassen die Strahlenbündel 34a, b, c die Zylinderfläche 36 in negativer z-Richtung als jeweils in sich parallele Strahlenbündel.

Aufgrund der Tatsache, daß die Foki dieser Strahlenbündel 34a, b, c auf der gegenüberliegenden Zylinderfläche 37 auf einer zur Zylinderachse schräg liegenden Linie ausgerichtet sind, weisen die seitlichen, nicht durch die Zylinderachse der Fläche 37 hindurch getretenen Strahlenbündel 34a, c eine Strahlkomponente in positiver oder negativer y-Richtung auf. Dies ist aus Fig. 13 und Fig. 14 ersichtlich.

Die Ablenkeinheit 40 kann also dadurch als Ablenkeinheit verwendet werden, daß sie in positiver oder negativer y-Richtung gegenüber dem einfallenden Strahl als Ganzes verschoben wird und dementsprechend eine Ablenkung der einfallenden Strahlen 34a, b, c in positiver oder negativer y-Richtung bewirkt. Es besteht auch die Möglichkeit, die Ablenkeinheit 40 zu Arrays von Ablenkeinheiten 40 zusammenzufassen.

Gemäß den vorbeschriebenen Ausführungsformen wurde die Ablenkung von Lichtstrahlen jeweils durch eine gekrümmte Fläche 2, 20, 22, 36, 37, 39 bewirkt, durch die Lichtstrahlen hindurchtraten. Es besteht aber auch die Möglichkeit, derartige Flächen in Reflexion bei entsprechender Anordnung zu verwenden.

Erfnungsgemäß lassen sich mit den vorbeschriebenen Ablenkvorrichtungen elektromagnetische Strahlen oder Strahlenbündel des optischen Spektralbereichs ablenken. Damit

-18-

sind Wellenlängen vom VUV bis zum FIR gemeint, die eine Ablenkung durch Brechung und / oder Reflexion zulassen.

**Patentansprüche:**

1. Ablenkvorrichtung für elektromagnetische Strahlen oder Strahlbündel im optischen Spektralbereich, insbesondere für Laserstrahlen, umfassend mindestens ein Ablenkelement (1, 18, 21, 30, 32, 33) mit mindestens einer optisch funktionalen Grenzfläche (2, 20, 22, 36, 37, 38, 39), die durch Brechung oder Reflexion die Ablenkung eines auf sie auftreffenden Strahls (8a - i; 9; 14a - c; 15a, b; 16a, b; 24; 26; 29a - c) oder Strahlenbündels (34 a - c) bewirken kann, dadurch gekennzeichnet, daß die optisch funktionale Grenzfläche (2, 20, 22) derart gekrümmt ist, daß sich längs einer im wesentlichen in der optisch funktionalen Grenzfläche (2, 20, 22) liegenden ersten Richtung (x) die lokale Neigung der optisch funktionalen Grenzfläche (2, 20, 22) bezüglich einer im wesentlichen in der optisch funktionalen Grenzfläche (2, 20, 22) liegenden, zur ersten Richtung (x) etwa senkrechten Richtung (y) zumindest abschnittsweise stetig ändert.
2. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das mindestens eine Ablenkelement (1, 18, 21) eine etwa quaderförmige Gestalt hat, wobei die der optisch funktionalen Grenzfläche (2, 20, 22) gegenüberliegende Grenzfläche (4, 19, 23) plan ist.
3. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die optisch funktionale Grenzfläche (2) eine tordierte Fläche ist, die vorzugsweise propellerähnlich geformt ist.
4. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine infinitesimal kleine Fläche um einen etwa mittig in der optisch funktionalen Grenzfläche (2) angeordneten Punkt (3) parallel zu der gegenüberliegenden, planen Grenzfläche (4) des Ablenkelements (1) ausgerichtet ist.

5. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß in der optisch funktionalen Grenzfläche (2) durch den etwa mittig angeordneten Punkt (3) zwei zueinander etwa senkrecht ausgerichtete Linien (5, 6) verlaufen, längs derer sich jeweils die lokale Neigung der optisch funktionalen Grenzfläche (2) in Richtung der jeweiligen Linie (5, 6) nicht ändert, wohingegen sich längs jeder der Linien (5, 6) die lokale Neigung der optisch funktionalen Grenzfläche (2) in einer zu der jeweiligen Linie (5, 6) senkrechten Richtung stetig ändert.
  - 10
  - 15
  - 20
  - 25
  - 30
  - 35
6. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das mindestens eine Ablenkelement (30) eine etwa quaderförmige Gestalt hat, wobei zwei einander gegenüberliegende Flächen als optisch funktionale Grenzflächen ausgebildet sind.
  7. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die einander gegenüberliegende optisch funktionale Grenzflächen tordierte Flächen sind, die vorzugsweise als unter einem Winkel von 45° aus einer konkav-konvexen Zylinderlinse (31) mit orthogonaler Ausrichtung der Zylinderachsen herausschneidbare Flächen ausgestaltet sind.
  8. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkvorrichtung Positioniermittel umfaßt, mit denen die optisch funktionale Grenzfläche (2, 20, 22) relativ zum Strahl (8a - i; 9; 14a - c; 15a, b; 16a, b; 24; 26; 29a - c) oder Strahlenbündel positionierbar ist.
  9. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Positioniermittel Verschiebemittel umfassen, die mit dem mindestens einen Ablenkelement (1, 18, 21, 30) verbunden sind, wobei die Verschiebemittel eine Verschiebung des mindestens einen

Ablenkelements (1, 18, 21, 30) bewirken können, um die Ablenkung des Strahls (8a - i; 9; 14a - c; 15a, b; 16a, b; 24; 26; 29a - c) oder Strahlenbündels zu verändern.

- 5        10. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Verschiebung des Ablenkelements (1, 18, 21, 30) in einer Richtung (x, y) erfolgen kann, die etwa senkrecht zu der Richtung (z) des abzulenkenden Strahls (8a - i; 9; 14a - c; 15a, b; 16a, b; 24; 26; 29a  
10        - c) oder Strahlenbündels ausgerichtet ist.
- 15        11. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß als Verschiebemittel Piezoelemente Verwendung finden.
- 20        12. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkvorrichtung mindestens zwei Verschiebemittel umfaßt, die das mindestens eine Ablenkelement (1, 18, 21, 30) in zwei zueinander senkrechten Richtungen (x, y) verschieben können, die vorzugsweise etwa senkrecht zur Richtung (z) des abzulenkenden Strahls (8a - i; 9; 14a - c; 15a, b; 16a, b; 24; 26; 29a - c) oder Strahlenbündels ausgerichtet sind.
- 25        13. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkvorrichtung genau ein Ablenkelement (1, 30) umfaßt, das mit zwei Verschiebemitteln zur Verschiebung in zwei zueinander senkrechten Richtungen (x, y) versehen ist.
- 30        14. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Positioniermittel Rotationsmittel umfassen, mit denen das mindestens eine Ablenkelement (1, 30) um eine Achse (11) herum zumindest teilweise drehbar ist.

15. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkvorrichtung eine  
Anzahl von Ablenkelementen (1, 30) umfaßt, die zu einem  
Array (7) zusammengefaßt sind, wobei die einzelnen  
5 Ablenkelemente (1, 30) in jeweils gleicher Orientierung,  
parallel zueinander, nebeneinander liegend angeordnet  
sind.
16. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 15, dadurch  
10 gekennzeichnet, daß das Array (7) von Ablenkelementen (1,  
30) mit Verschiebemitteln ausgestattet ist, die ein  
Verschieben des Arrays (7) in zwei zueinander senkrechten  
Richtungen (x, y) erlauben.
- 15 17. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkvorrichtung  
mindestens eine Ablenkeinheit (13, 17, 25, 28) umfaßt,  
wobei die oder jede der Ablenkeinheiten zwei  
Ablenkelemente (1, 18, 21, 30) umfaßt.  
20
18. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 17, dadurch  
gekennzeichnet, daß die optisch funktionalen Grenzflächen  
(2, 20, 22) der Ablenkelemente (1, 18, 21, 30) der oder  
jeder der Ablenkeinheiten (13, 17, 25, 28) sich derart  
25 entsprechen, daß sie zumindest abschnittsweise flächig  
aneinanderlegbar sind.
19. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 17 oder 18,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkelemente (1, 30)  
30 der oder jeder der Ablenkeinheiten (13, 25, 28) jeweils  
identisch geformt sind.
20. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 18 oder 19,  
dadurch gekennzeichnet, daß in der oder jeder der  
35 Ablenkeinheiten (13, 17, 25, 28) die Ablenkelemente (1,  
18, 21, 30) so angeordnet sind, daß deren optisch  
funktionale Grenzflächen (2, 20, 22) sich in Richtung (z)  
des abzulenkenden Strahls (8a - i; 9; 14a - c; 15a, b;

16a, b; 24; 26; 29a - c) oder Strahlenbündels im wesentlichen gegenüberliegen.

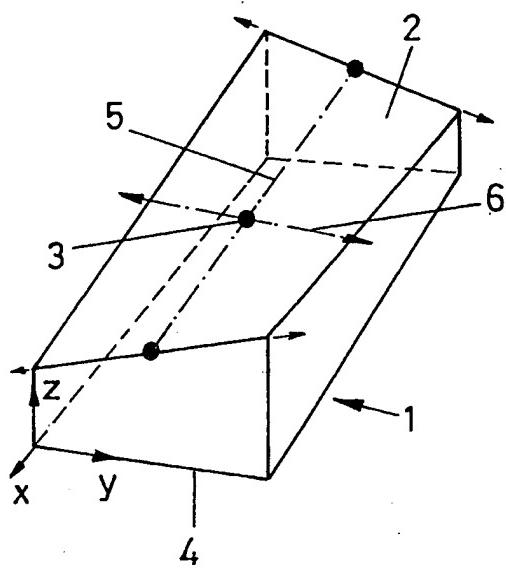
21. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß eines oder beide der Ablenkelemente (1, 18, 21, 30) mit sich im wesentlichen gegenüberliegenden optisch funktionalen Grenzflächen (2, 20, 22) mit Verschiebemitteln versehen sind, so daß die beiden Ablenkelemente (1, 18, 21, 30) gegeneinander in einer oder zwei zueinander senkrechten Richtungen (x, y) verschiebbar sind, die im wesentlichen parallel zu den optisch funktionalen Grenzflächen (2, 20, 22) ausgerichtet sind.  
5
22. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 17, 18, 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Ablenkeinheit (17) zwei Ablenkelemente (18, 21) umfaßt, die einander zugewandte optische funktionale Grenzflächen (20, 22) aufweisen, die parabolisch konvex bzw. parabolisch konkav geformt sind.  
10
23. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkvorrichtung zwei Ablenkeinheiten (13, 17, 25, 28) mit jeweils zwei Ablenkelementen (1, 18, 21, 30) umfaßt.  
15
24. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 21, 23, dadurch gekennzeichnet, daß in den Ablenkeinheiten (13, 25, 28) anstelle von Ablenkelementen (1, 30) Arrays (7) von Ablenkelementen (1, 30) Verwendung finden.  
20
25. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkelemente (1, 18, 21, 30) aus für die verwendete Wellenlänge des abzulenkenden elektromagnetischen Strahls (8a - i; 9; 14a - c; 15a, b; 16a, b; 24; 26; 29a - c) oder Strahlenbündels zum mindest teilweise transparentem  
25

Material, beispielsweise aus Quarz oder Glas, gefertigt sind.

26. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 25,  
5 dadurch gekennzeichnet, daß die optische funktionale Grenzfläche mit einer für die verwendete Wellenlänge des abzulenkenden elektromagnetischen Strahls (8a - i; 9; 14a - c; 15a, b; 16a, b; 24; 26; 29a - c) oder Strahlenbündels zumindest teilweise reflektierenden Verspiegelung versehen, vorzugsweise mit entsprechendem Material, wie beispielsweise Gold, bedampft ist.
27. Ablenkvorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1,  
15 dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkvorrichtung eine Ablenkeinheit (40) umfaßt, die aus zwei Ablenkelementen (32, 33) besteht, wobei das erste der Ablenkelemente als bikonvexe Zylinderlinse (32) und das zweite der Ablenkelemente als plankonvexe Zylinderlinse (33) ausgeführt ist, wobei die plane optisch funktionale Grenzfläche (38) der zweiten Zylinderlinse (33) einer der konvexen optisch funktionalen Grenzflächen (38) der ersten Zylinderlinse (32) im wesentlichen gegenüberliegt und wobei die Zylinderachsen der Zylinderlinsen (32, 33) leicht gegeneinander verkippt sind.  
25
28. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkvorrichtung Verschiebemittel umfaßt, die eine gleichzeitige Verschiebung beider Zylinderlinsen (32, 33) bewirken  
30 können, um die Ablenkung des Strahls oder des Strahlenbündels (34 a - c) zu verändern, wobei die Verschiebung der Zylinderlinsen (32, 33) vorzugsweise in einer Richtung (x) erfolgen kann, die etwa senkrecht zu der Richtung (z) des abzulenkenden Strahls oder Strahlenbündels (34 a - c) ausgerichtet ist.  
35

29. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 28, dadurch  
gekennzeichnet, daß als Verschiebemittel Piezoelemente  
Verwendung finden.

Fig. 1



1 / 6

Fig. 2

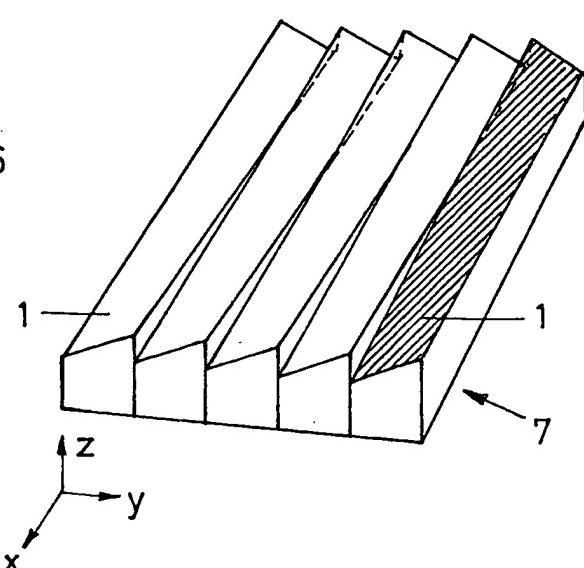


Fig. 3a

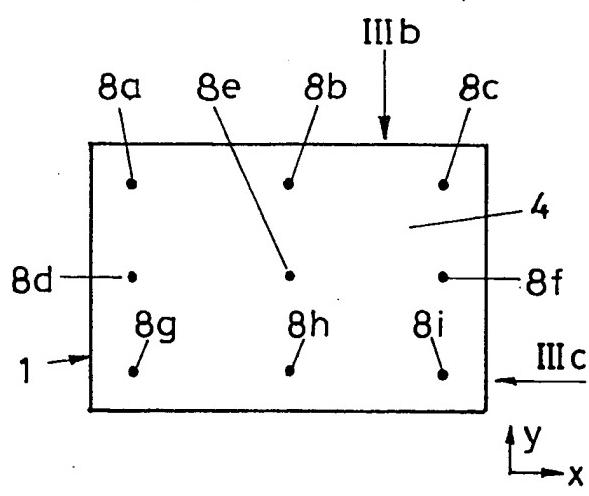


Fig. 3c

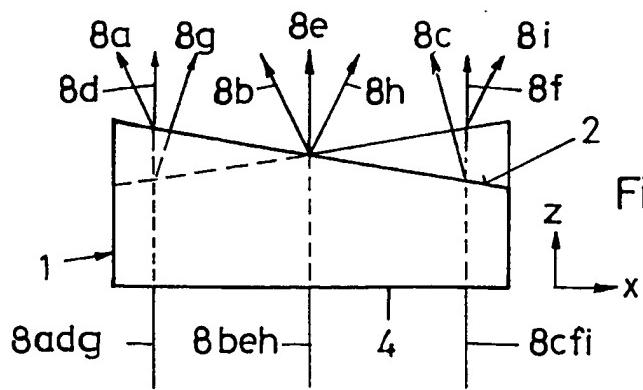
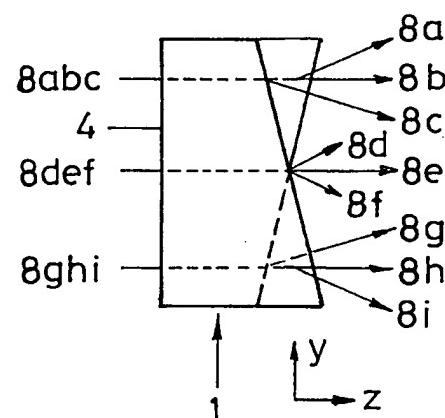


Fig. 3b

Fig. 4a

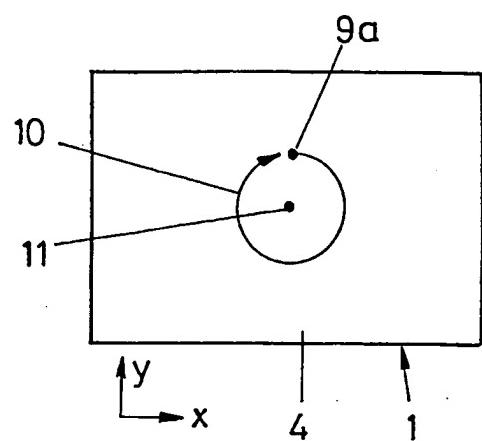


Fig. 4b

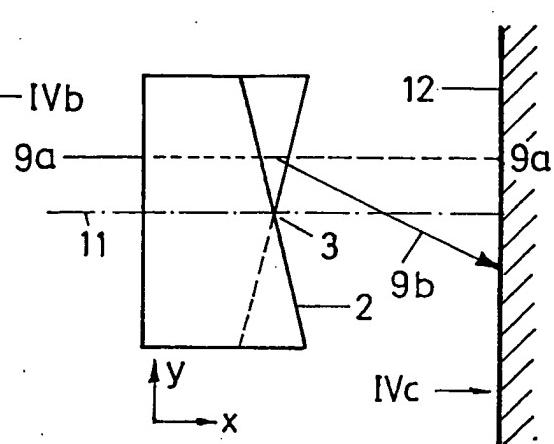


Fig. 4c

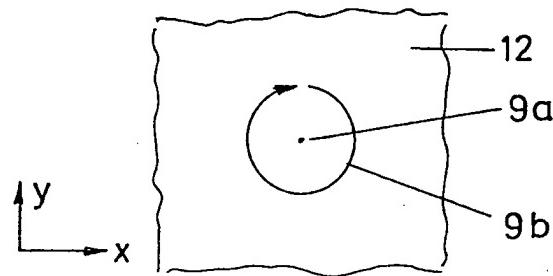


Fig. 5a

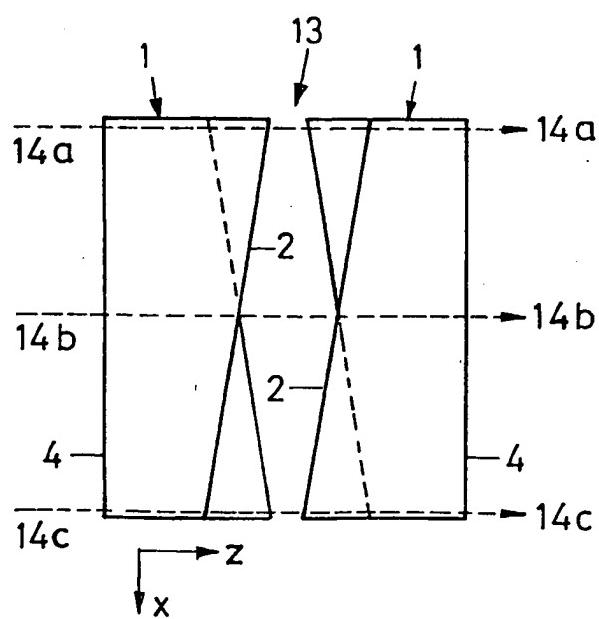


Fig. 5b

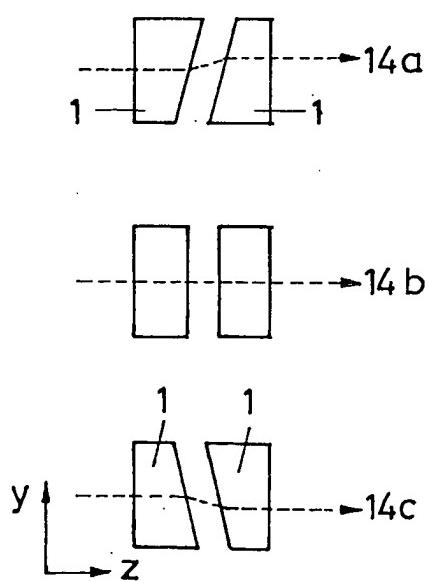


Fig. 6a

3 / 6

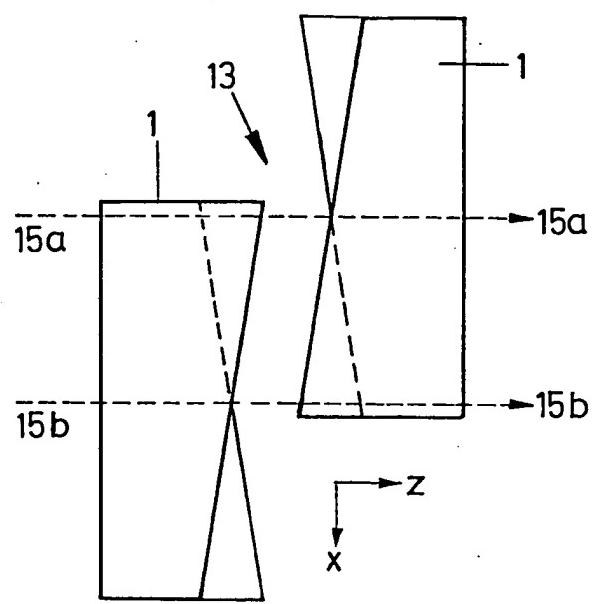


Fig. 6b

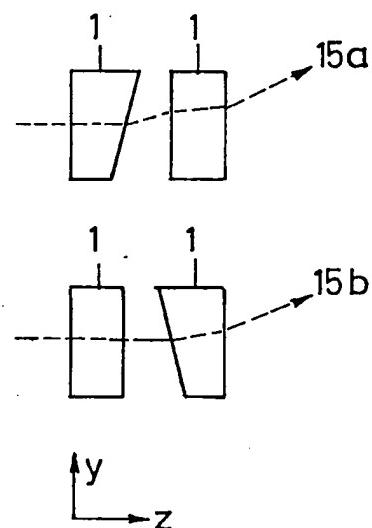


Fig. 7a

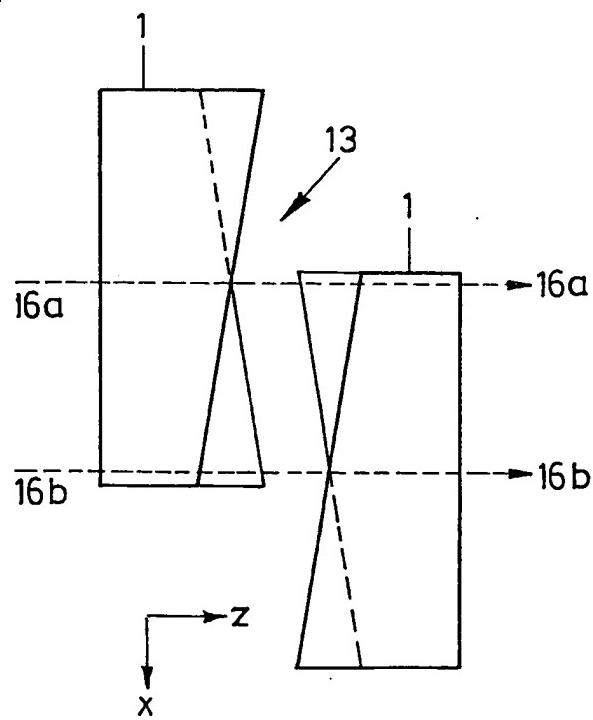


Fig. 7b

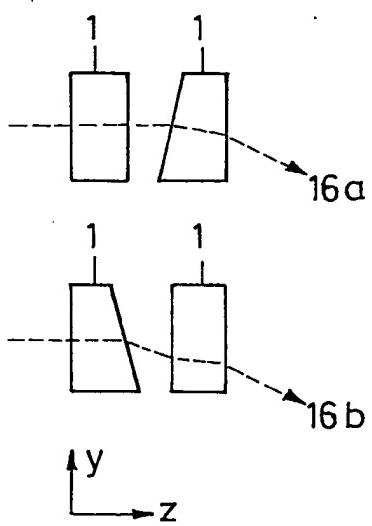


Fig. 9a

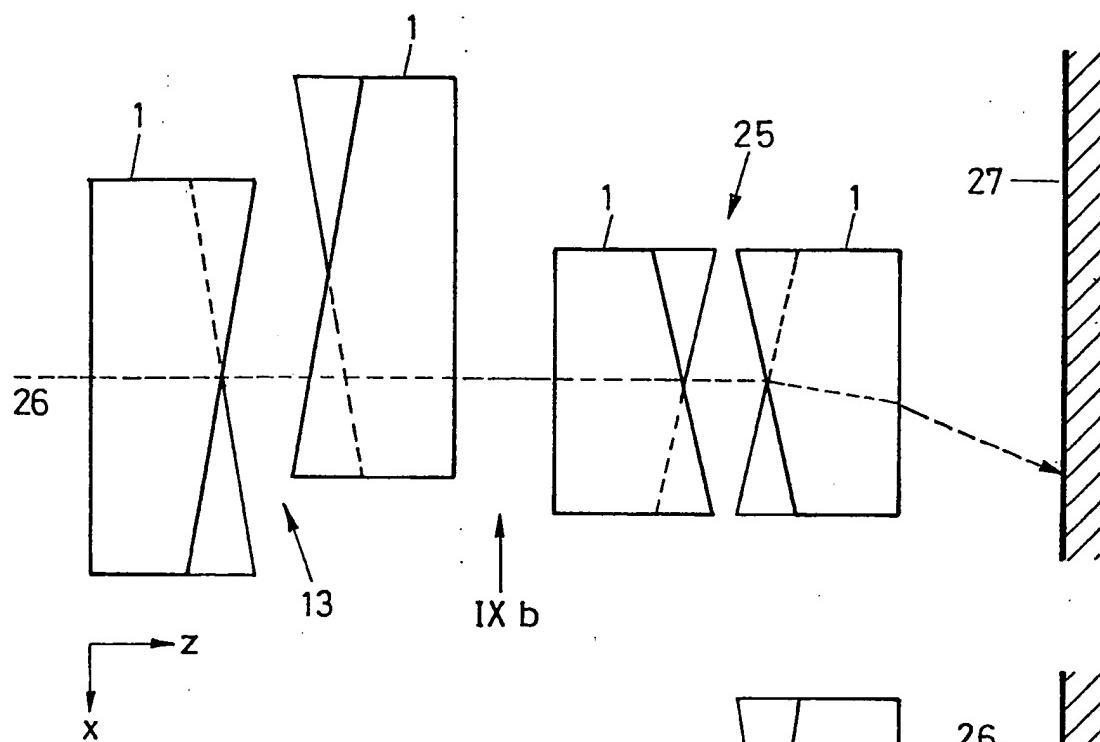


Fig. 9 b

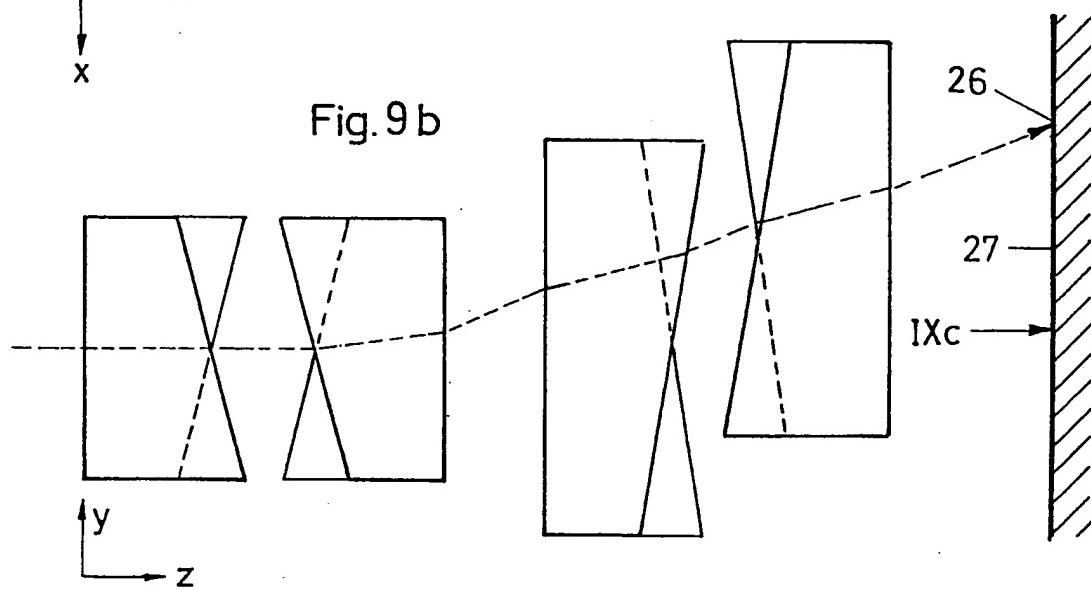
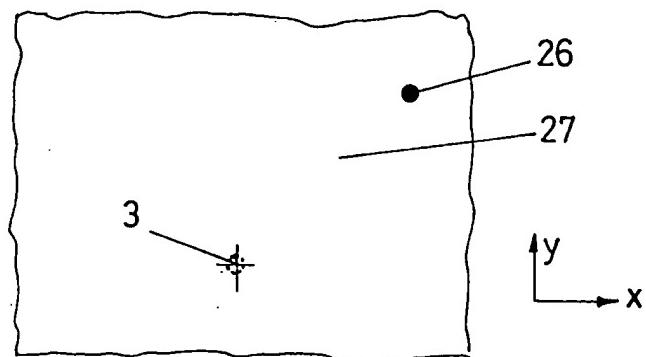


Fig. 9c



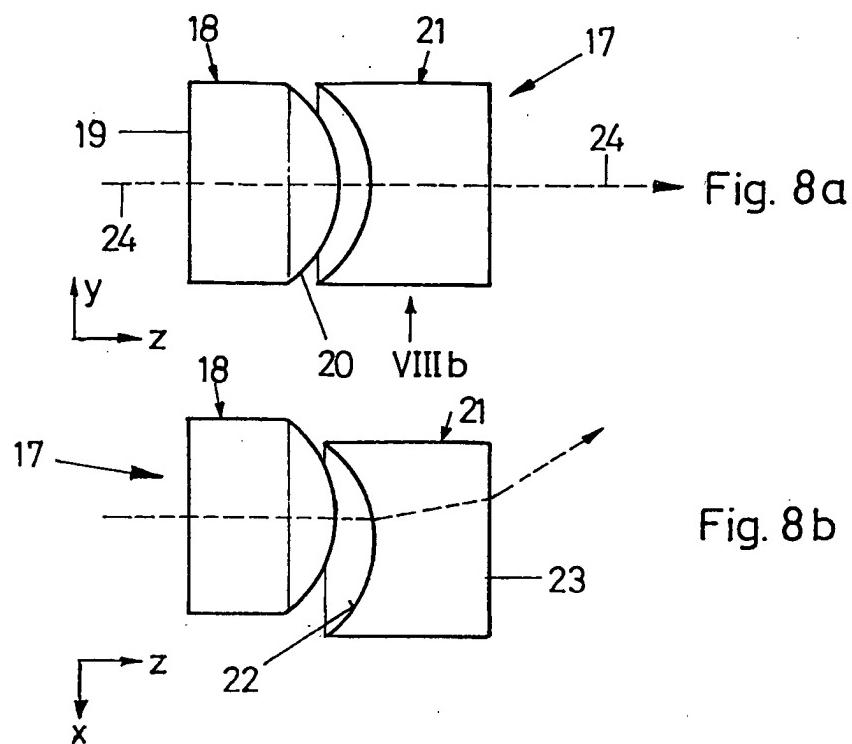


Fig.10

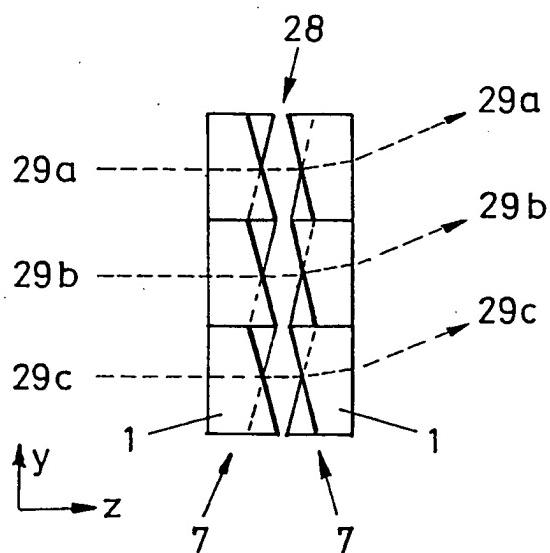


Fig.11

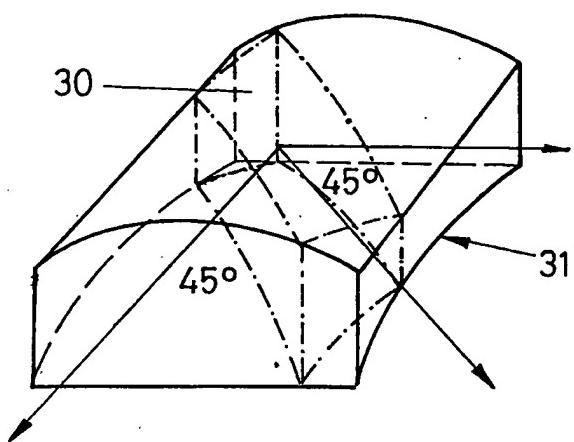


Fig.12

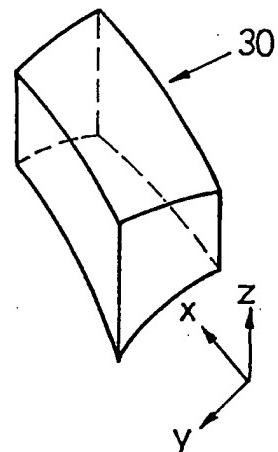


Fig. 13

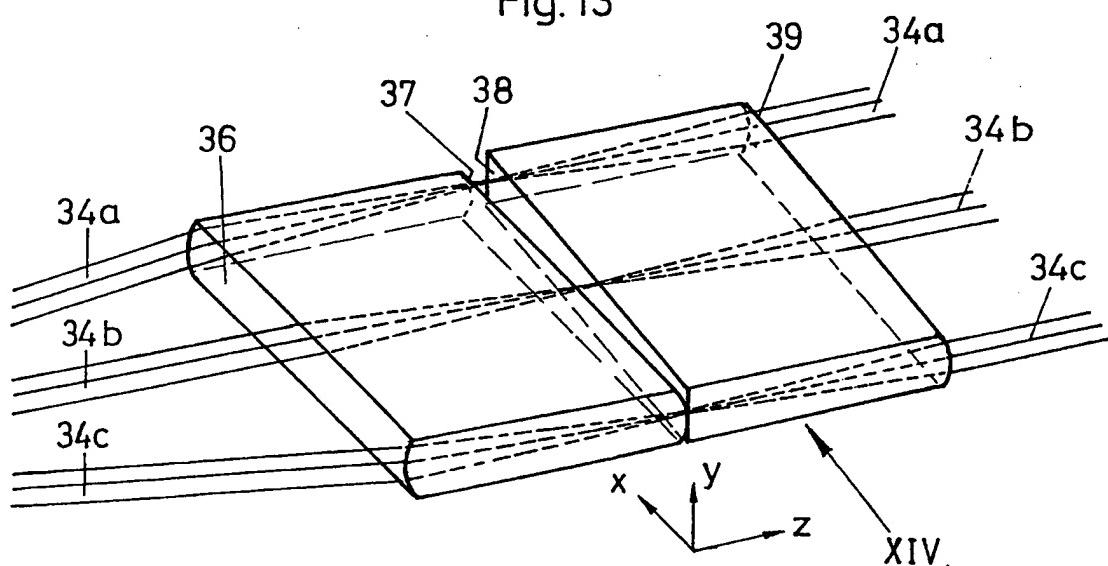
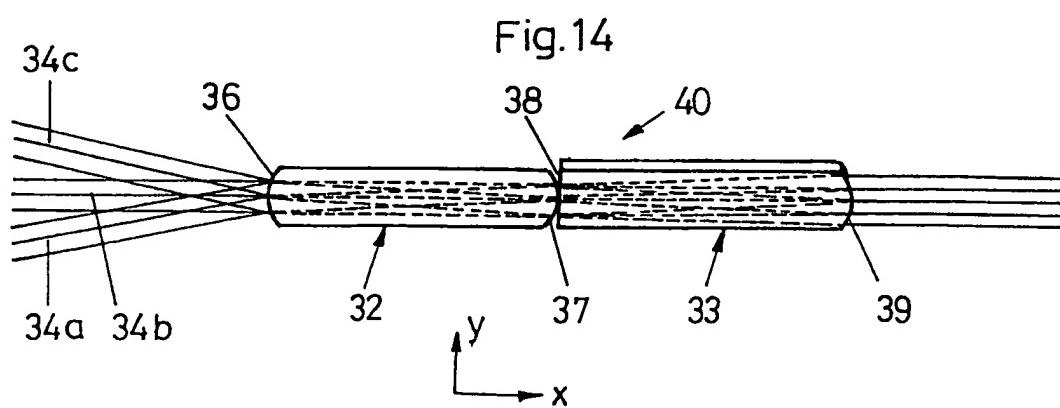


Fig. 14



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Appl. No

PCT/EP 99/01546

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G02B26/08 G02B27/09

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 195 14 626 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 31 October 1996 (1996-10-31) column 10, line 40 - column 20, line 13; figures 1-21 —	1-29
A	US 5 390 024 A (WRIGHT STEVEN) 14 February 1995 (1995-02-14) column 3, line 3 - line 62; figures 1,4 —	1-8
A	EP 0 363 347 A (POLAROID CORP) 11 April 1990 (1990-04-11) column 5, line 32 - column 6, line 54; figures 3,4 —	1-4,6, 15,25
A	US 5 045 679 A (SUZUKI MINORU ET AL) 3 September 1991 (1991-09-03) column 3, line 38 - column 5, line 26; figures 2,3 —	1,2,6, 8-23
		-/-



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
9 July 1999	19/07/1999
Name and mailing address of the ISA	Authorized officer

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

THEOPISTOU, P

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No  
PCT/EP 99/01546

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 196 10 881 A (LISSOTSCHENKO VITALY DR ;HENTZE JOACHIM (DE)) 12 June 1997 (1997-06-12) column 6, line 49 - column 9, line 62; figures 1-13 -----	1-7, 17-29

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Interr	nal Application No
	PCT/EP 99/01546

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
DE 19514626 A	31-10-1996	WO EP	9634442 A 0824774 A	31-10-1996 25-02-1998
US 5390024 A	14-02-1995	EP	0566796 A	27-10-1993
EP 0363347 A	11-04-1990	US CA DE DE JP	4882594 A 1316026 A 68923335 D 68923335 T 2123785 A	21-11-1989 13-04-1993 10-08-1995 07-03-1996 11-05-1990
US 5045679 A	03-09-1991	JP DE	2155589 A 3940694 A	14-06-1990 13-06-1990
DE 19610881 A	12-06-1997	AU CA CN WO EP	1368897 A 2239866 A 1203675 A 9721126 A 0888569 A	27-06-1997 12-06-1997 30-12-1998 12-06-1997 07-01-1999

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 99/01546

**A. KLASSEFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 6 G02B26/08 G02B27/09

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationsymbole)  
IPK 6 G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 195 14 626 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 31. Oktober 1996 (1996-10-31) Spalte 10, Zeile 40 - Spalte 20, Zeile 13; Abbildungen 1-21 ---	1-29
A	US 5 390 024 A (WRIGHT STEVEN) 14. Februar 1995 (1995-02-14) Spalte 3, Zeile 3 - Zeile 62; Abbildungen 1,4 ---	1-8
A	EP 0 363 347 A (POLAROID CORP) 11. April 1990 (1990-04-11) Spalte 5, Zeile 32 - Spalte 6, Zeile 54; Abbildungen 3,4 ---	1-4,6, 15,25
		-/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besondere bedeutsam anzusehen ist  
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"S" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

9. Juli 1999

19/07/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Bevollmächtigter Bediensteter

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

THEOPISTOU, P

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Intern. uniales Aktenzeichen

PCT/EP 99/01546

**C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 045 679 A (SUZUKI MINORU ET AL) 3. September 1991 (1991-09-03) Spalte 3, Zeile 38 – Spalte 5, Zeile 26; Abbildungen 2,3 —	1,2,6, 8-23
A	DE 196 10 881 A (LISSOTSCHENKO VITALY DR ;HENTZE JOACHIM (DE)) 12. Juni 1997 (1997-06-12) Spalte 6, Zeile 49 – Spalte 9, Zeile 62; Abbildungen 1-13 —	1-7, 17-29
1		

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern.	nationales Aktenzeichen
	PCT/EP 99/01546

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 19514626 A	31-10-1996	WO EP	9634442 A 0824774 A	31-10-1996 25-02-1998
US 5390024 A	14-02-1995	EP	0566796 A	27-10-1993
EP 0363347 A	11-04-1990	US CA DE DE JP	4882594 A 1316026 A 68923335 D 68923335 T 2123785 A	21-11-1989 13-04-1993 10-08-1995 07-03-1996 11-05-1990
US 5045679 A	03-09-1991	JP DE	2155589 A 3940694 A	14-06-1990 13-06-1990
DE 19610881 A	12-06-1997	AU CA CN WO EP	1368897 A 2239866 A 1203675 A 9721126 A 0888569 A	27-06-1997 12-06-1997 30-12-1998 12-06-1997 07-01-1999